

УДК 622.271.3

© Б.Е. Собко, А.М. Маевский, В.В. Дроздов

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА ВОСТОЧНОМ УЧАСТКЕ МАЛЫШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИТАНО-ЦИРКОНИЕВЫХ РУД

Проведен выбор и обоснование технологической схемы развития горных работ на восточном участке Малышевского месторождения титано-циркониевых руд в условиях сокращения фронта вскрышных и добычных работ.

Проведено вибір та обґрунтування технологічної схеми розвитку гірничих робіт на східній ділянці Малишевського родовища титано-цирконієвих руд в умовах скорочення фронту розкривних і видобувних робіт.

A choice and ground of flowsheet of development of mountain works is conducted on the east area of Malyshevskogo of deposit of titano-zirconia ores in the conditions of reduction of front of stripping and booty works.

Вольногорский горно-металлургический комбинат (ВГМК) разрабатывает Восточный участок Малышевского месторождения титано-циркониевых руд открытым способом. Запасы руды месторождения сосредоточены в трех параллельных залежах: I-я средняя залежь, II-я средняя залежь и Южная залежь. Проектная производительность карьера по добыче рудных песков – 5,5 млн. м³/год. Среднегодовая производительность по вскрыше – 19,4 млн. м³.

Основной проблемой выполнения плановых показателей работы ВГМК на период 2011-2014 гг. является существенное сокращение фронта добычных и вскрышных работ при прохождении его в районе с. Петровка и балки Сербина. Из-за необходимости обхода западной окраины с. Петровка фронт горных работ на карьере №7 «Юг» уменьшится на 300 м. Такое сокращение длины фронта работ приведет не только к уменьшению производительности карьера по добыче, но и по вскрыше из-за снижения производительности роторного комплекса НКМЗ (ЭРШР-1600-40/10), разрабатывающего передовой вскрышной уступ.

В связи с этим выбор и обоснование технологической схемы развития горных работ на восточном участке Малышевского месторождения, обеспечивающей плановые показатели комбината по добыче рудных песков при сокращении фронта горных работ является актуальной научной задачей.

Основной отличительной особенностью открытой разработки Восточного участка Малышевского месторождения является то, что он отрабатывается двумя смежными карьерами № 7 «Юг» и «Север». Это позволяет при выборе вариантов технологических схем для сравнительной оценки учитывать возможность некоторого повышения интенсивности горных работ на одном и соответственного уменьшения ее на другом из этих карьеров.

С учетом того, что вскрышной комплекс НКМЗ может достичь по пессимистическому прогнозу 5,0 млн. м³/год, а с учетом сокращения длины фронта вскрышных работ – 4,7 млн. м³/год, передовой вскрышной уступ на карьере «Юг» следует рассматривать, как ограничивающий горизонт, следовательно, распределение высот уступов, а также и экономическая оценка рассматриваемых вариантов должны производиться с учетом вышеотмеченного. Необходимо

отметить, что в теории и практике открытой разработки горизонтальных и пологих месторождений расчет параметров системы разработки (прежде всего высот вскрышных уступов), а также выбор комплекса вскрышного оборудования производится по основному (надрудному) уступу.

В общую сравнительную технологическую и экономическую оценку включен вариант, предусматривающий достижения комплексом НКМЗ максимально возможной его годовой производительности 7,0-7,5 млн. м³ (оптимистический прогноз), которая была предусмотрена календарным планом ВГМК развития горных работ на рассматриваемом участке в 2010 г.

Основные ограничивающие исходные условия, принятые при рассмотрении (подборе) вариантов для общей сравнительной оценки:

- обеспечение заданной ВГМК производственной мощности карьеров №7 по добыче руды на период 2011-2014 гг.;

- применение существующего (действующего) основного технологического оборудования на вскрышных и добычных уступах;

- ограничивающим горизонтом на карьере «Юг» служит передовой вскрышной уступ;

- производительность комплексов ЭКГ+а/лов, разрабатывающих два нижних вскрышных уступа, не является ограничивающим фактором при рассмотрении вариантов. Поскольку имеется существенный резерв производительности. Кроме того, на отдельных участках нижнего надрудного уступа могут быть использованы экскаваторы-драглайны (ЭШ-10/70), которые и используются в настоящее время.

С учетом вышеизложенного, для общей сравнительной технологической и экономической оценки приняты следующие варианты.

Карьер «Юг»

Ю – карьер «Юг» работает в 2011 году с годовым подвиганием равным 523м, опережая фронт вскрышных работ карьера «Север». Производительность комплекса НКМЗ принята 7,5 млн. м³/год в соответствии с календарным планом ВГМК на 2010 год. Отметка стояния НКМЗ не фиксируется;

IIю – то же, но комплекс НКМЗ работает при постоянной высоте уступа, равной 25 м, т.е. отметка состояния комплекса НКМЗ фиксируется;

IIIю – то же, что и вариант *Ю*, но производительность комплекса НКМЗ принята равной 6,0 млн. м³/год;

IVю – то же, что и в варианте *IIIю*, но производительность НКМЗ принята равной 5,0 млн. м³/год.

Результаты произведенных расчетов по выбору рационального варианта развития горных работ на карьере «Юг» приведены в таблицах 1-4.

В табл. 1 приведены результаты расчетов основных показателей, позволяющих определить технологическую и экономическую эффективность варианта *Ю* развития горных работ на рассматриваемый период времени 2011-2014 год. В таблице 2010 год включен в расчеты как базовый с целью оценки приемлемости принятого методологического подхода к установлению показателей: годового подвигания фронта горных работ, распределения высот уступов, годовых объемов вскрышных работ и эксплуатационных затрат на их проведение.

Основным преимуществом варианта *Iю* развития горных работ является то, что большая часть объемов вскрыши выполняется комплексом машин непрерывного действия НКМЗ при максимально возможной высоте уступа 35-40 м, а комплексом машин циклического действия – незначительная часть этого объема – 0,5-0,6 млн. м³/год. Это позволяет достичь сравнительно небольших годовых суммарных эксплуатационных затрат (ΣZ_3), которые можно определить по формуле:

$$\sum_{i=1}^4 Z_i = V_{\text{Эр}}^B \cdot C_{\text{Эр}} + V_{\text{ЭКГ}}^B \cdot C_{\text{ЭКГ}}, \text{ млн. м}^3/\text{год},$$

где $V_{\text{Эр}}^B$ и $V_{\text{ЭКГ}}^B$ – соответственно годовые объемы вскрыши комплекса НКМЗ и комплекса «ЭКГ+а/лы, млн. м³/год;

$C_{\text{Эр}}$ и $C_{\text{ЭКГ}}$ – соответственно себестоимости 1 м³ вскрыши, извлекаемой указанными комплексами, грн/м³;

i – порядковый номер года $i=1,2,3,4$, что соответствует 2011, 2012, 2013, 2014 гг.

Установление величин $C_{\text{Эр}}$ и $C_{\text{ЭКГ}}$ произведено по корреляционным (эмпирическим) зависимостям [1].

К недостаткам варианта *Iю* следует отнести:

- 1) происходит значительное опережение фронта горных работ карьера «Юг» относительно карьера «Север» на 200 м;
- 2) отметки горизонтов, на которых будут находиться роторные комплексы НКМЗ и ТК-2 будут не совпадать;
- 3) высота вскрышного (передового) уступа будет постоянной.

Указанные недостатки усложнят организацию горных работ. Кроме того, достижение комплексом НКМЗ производительности 7,0-7,5 млн. м³/год вряд ли будет возможным.

В табл. 2 приведены результаты расчетов по варианту *IIю*, отличающегося от *Iю* тем, что высота передового уступа постоянна и равна $H_2 = 25$ м, т.е. отметка расположения комплекса НКМЗ (ЭРШР) является фиксированной (+133,0 м). Это позволяет упростить работу комплекса.

Существенным недостатком варианта *IIю* является увеличение годовых объемов вскрыши, которые должны выполняться комплексом оборудования циклического действия ЭКГ+а/лы. В то же время комплекс НКМЗ будет неэффективно использоваться при меньших годовых объемах вскрыши. Такое перераспределение объемов вскрыши значительно повышает суммарные эксплуатационные затраты ΣZ_3 , которые увеличиваются при варианте *IIю* в 1,6 раза по сравнению с первым вариантом.

Вариант *IIIю* развития горных работ на карьере №7 «Юг» отличается от *Iю* варианта только тем, что производительность роторного комплекса НКМЗ принята для расчетов равной 6,0 млн. м³/год. Из результатов расчетов (табл. 3) видно, что суммарные эксплуатационные затраты на вскрышные работы за рассматриваемый период времени (2011-2014гг) несколько увеличиваются на 9,1 %, что составляет 9,2 млн. грн.

Годовые и расчетные показатели развития горных работ карьера № 7 «Юг» (вариант Ю)

Таблица 1

| Годы разработки месторождения | Производственная мощность комбината (план), $Q_{вгмк}$ тыс. м ³ /год | Производительность по добыче (план) $Q_{пк}$, тыс. м ³ /год | Требуемое подвигание фронта горных работ, Пг.т, м/год | Производительность ЭРШР-1600, $Q_{эр}$, млн. м ³ /год | Рациональные выходы уступов по вскрыше, м | | Годовые объемы вскрыши, млн. м ³ | | | Эксплуатационные затраты на вскрышные работы, млн. грн/год | | |
|-------------------------------|--|--|---|---|---|---------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------|--|---------------------------------------|-----------|
| | | | | | передового, Н ₂ | надрудного Н ₁ | на передовом уступе, V _{Г2} | на надрудном уступе. V _{Г1} | Всего V _{ГВ} | Передовой уступ (ЭРШР) Зэ ₂ | Надрудный уступ (ЭКГ) Зэ ₁ | Всего ΣЗэ |
| 2010 | $\frac{5110}{19525^*}$ | $\frac{2050}{12070^*}$ | 320 | 7,5 (план) | 26 | 14 | 7,5 | 4,5 | 12,0 | 15,0 | 45,0 | 60,0 |
| 2011 | $\frac{5500}{18500}$ | $\frac{2135}{8500}$ | 523 | 7,0 ** (расчетная величина) | 30 | 7 | 7,0 | 1,7 | 8,7 | 15,8 | 17,0 | 32,8 |
| 2012 | $\frac{5035}{17900}$ | $\frac{1990}{8200}$ | 384 | | 31 | 13 | 5,8 | 2,5 | 8,3 | 18,7 | 25,0 | 43,7 |
| 2013 | $\frac{4300}{12400}$ | $\frac{1450}{4900}$ | 265 | | 40 | 4 | 5,3 | 0,5 | 5,8 | 18,9 | 5,0 | 23,9 |
| 2014 | $\frac{4090}{11600}$ | $\frac{1640}{6100}$ | 312 | 36 | 4 | 5,7 | 0,6 | 6,3 | 16,1 | 6,0 | 22,1 | |

Примечание: * – в знаменателе производительность по вскрыше

** – производительность ЭРШР-1600 с учетом сокращения длины фронта вскрышных работ

Таблица 2

Плановые и расчетные показатели развития горных работ карьера № 7 «Юг» (вариант IIю)

| Годы разработки месторождения | Производственная мощность комбината (план), $Q_{ВГМК}$ тыс. $м^3/год$ | Производительность по добыче (план) $Q_{ПК}$ тыс. $м^3/год$ | Требуемое подвижение фронта горных работ, Пг.т, $м/год$ | Производительность ЭРШР-1600, $Q_{ЭР}$ | Средняя мощность вскрыши, H_6 , м | Рациональные высоты уступов по вскрыше, м | | Годовые объемы вскрыши, млн. $м^3$ | | | Эксплуатационные затраты на вскрышные работы, млн. грн/год | | |
|-------------------------------|---|---|---|--|-------------------------------------|---|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|--|------------------------------|-------------------|
| | | | | | | передового, H_2 | надрудного H_1 | на пере- до- вом ус- тупе, $V_{Г2}$ | на над- руд- ном ус- тупе, $V_{Г1}$ | Всего $V_{ГВ}$ | Пере- довой ус- туп $Зэ_2$ | Над- руд- ный ус- туп $Зэ_1$ | Всего $\Sigma Зэ$ |
| 2011 | $\frac{5500}{18500}^*$ | $\frac{2135}{8500}^*$ | 523 | 7,0 ** млн. $м^3/год$ | 37 | 25 | 12*** | 5,9 | 2,8 | 8,7 | 19,18 | 34,44 | 53,62 |
| 2012 | $\frac{5035}{17900}$ | $\frac{1990}{8200}$ | 384 | | 44 | 25 | 19 | 4,7 | 3,6 | 8,3 | 19,51 | 36,72 | 56,23 |
| 2013 | $\frac{4300}{12400}$ | $\frac{1450}{4900}$ | 265 | | 44 | 25 | 19 | 3,3 | 2,5 | 5,8 | 17,59 | 33,75 | 51,34 |
| 2014 | $\frac{4090}{11600}$ | $\frac{1640}{6100}$ | 312 | | 40 | 25 | 15 | 5,1 | 1,2 | 6,3 | 19,63 | 19,20 | 38,83 |

 $\Sigma \Sigma Зэ = 200,02$ млн. грн/год

Примечание: * – в знаменателе – производительность карьеров № 7 по вскрыше; в числителе – по добыче;

** – производительность ЭРШР;

*** – высота надрудного вскрышного уступа при расчетах не разбивалась на 2 уступа

Таблица 3

Расчетные показатели развития горных работ карьера № 7 «Юг» (вариант IIIю)

| Годы разработки ме- сторожде- ния | Требуе- мое под- вигание фронта работ, Пг.т, м/год | Производи- тельность ЭРШР-1600, $Q_{эр}$ | Средняя мощность вскрыши, $H_в$, м | Рациональные высоты усту- пов по вскрыше, м | | Годовые объемы вскрыши, млн. м ³ | Эксплуатационные затраты на вскрышные работы, млн. грн/год | | | | | |
|---|--|--|--|--|---------------------|--|---|--|--------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | | | | передового, H_2 | надрудного H_1 | | на пе- редо- вом усту- пе, $V_{Г2}$ | на над- рудном уступе, $V_{Г1}$ | Всего $V_{Г^B}$ | Передо- вой уступ $З_{э2}$ | Над- рудный уступ $З_{э1}$ | Всего $\Sigma З_{э}$ |
| 2011 | 523 | 6,0 млн. м ³ /год (оптимистически прогнозная вели- чина) | 37 | 26 | 11 | 6,0 | 2,7 | 2,7 | 8,7 | 18,0 | 27,0 | 45,0 |
| 2012 | 384 | | 44 | 32 | 12 | 6,0 | 2,3 | 2,3 | 8,3 | 18,0 | 23,0 | 41,0 |
| 2013 | 265 | | 44 | 40 | 4 | 5,27 | 0,53 | 0,53 | 5,8 | 19,4 | 5,3 | 27,4 |
| 2014 | 312 | | 40 | 38 | 2 | 6,0 | 0,3 | 0,3 | 6,3 | 18,0 | 3,0 | 21,0 |

 $\Sigma \Sigma З_{э} = 131,7$ млн. грн/год

Таблица 4

Расчетные показатели развития горных работ карьера № 7 «Юг» (вариант IVю)

| Годы разработки ме- сторожде- ния | Требуе- мое под- вигание фронта работ, Пг.т, м/год | Производи- тельность ЭРШР-1600, $Q_{эр}$ | Средняя мощность вскрыши, $H_в$, м | Рациональные высоты усту- пов по вскрыше, м | | Годовые объемы вскрыши, млн. м ³ | | Эксплуатационные затраты на вскрышные работы, млн. грн/год | | | | |
|---|--|--|--|--|---------------------|---|--|---|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------|
| | | | | передового, H_2 | надрудного H_1 | на пе- редо- вом усту- пе, $V_{Г2}$ | на над- рудном уступе, $V_{Г1}$ | Всего $V_{Г^B}$ | Передо- вой уступ $З_{э2}$ | Над- рудный уступ $З_{э1}$ | Всего $\Sigma З_{э}$ | |
| 2011 | 523 | 5,0 млн. м ³ /год (оптимистически прогнозная вели- чина) | 37 | 21 | 16 | 5 | 3,7 | 3,7 | 8,7 | 19,5 | 37,0 | 56,5 |
| 2012 | 384 | | 44 | 26 | 18 | 5 | 3,3 | 3,3 | 8,3 | 19,5 | 33,0 | 52,5 |
| 2013 | 265 | | 44 | 38 | 6 | 5 | 0,8 | 0,8 | 5,8 | 19,5 | 8,0 | 27,5 |
| 2014 | 312 | | 40 | 32 | 8 | 5 | 1,3 | 1,3 | 6,3 | 19,5 | 13,0 | 32,5 |

 $\Sigma \Sigma З_{э} = 169,0$ млн. грн/год

Такое увеличение затрат объясняется тем, что при снижении годовой производительности комплекса НКМЗ с 7 до 6 млн. м³/год возрастает себестоимость разработки им 1 м³ вскрыши. Несмотря на указанное увеличение затрат на вскрышные работы вариант *IIIю*, как и вариант *Iю* более эффективнее варианта *IIю*.

В табл. 4 приведены результаты расчетов для *IVю* варианта развития горных работ на карьере «Юг», предусматривающего как и в *Iю* и в *IIIю* вариантах переменную по годам эксплуатации месторождения высоту передового вскрышного уступа.

Отличие варианта *IVю* от рассмотренных, заключается в том, что производительность комплекса НКМЗ принята 5,0 млн. м³/год (пессимистический прогноз). Такая величина производительности комплекса может быть достигнута с наибольшей степенью вероятности, учитывая физический износ оборудования этого комплекса и фактически достигнутую производительность в 2009 и текущем 2010 годах.

Как видно из табл. 4, при небольшой производительности комплекса, произойдет перераспределение годовых объемов вскрыши, с уменьшением их на передовом и увеличением на надрудном вскрышных уступах. Рассмотрим, например, 2011 год. Приравняем $V_{г}^B = Q_э$, поскольку годовой объем вскрыши должен соответствовать годовой производительности экскаватора.

Для обеспечения равномерного подвигания фронтов горных работ на смежных уступах должно выполняться условие:

$$\frac{Q_{э2}}{Q_{э1}} = \frac{H_2}{H_1} \quad (1)$$

где $Q_{э2}$ и $Q_{э1}$ – соответственно производительность роторного комплекса НКМЗ и комплекса ЭКГ+а/лы, млн. м³/год;

H_2 и H_1 – соответственно высоты передового и надрудного вскрышных уступов, м.

При известных величинах $V_{г}^B$, $V_{г2}$ и $V_{г1}$ (см. табл. 4) найдем из выражения (1) соотношение высот H_2 и H_1

$$\frac{Q_{э2}}{Q_{э1}} = \frac{5}{3,7} = 1,35; \quad \frac{H_2}{37 - H_1} = 1,35; \quad H_2 = 21 \text{ м}; \quad H_1 = 16 \text{ м}.$$

Суммарные затраты на вскрышные работы по варианту 4 составили 169 млн. м³.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что наиболее экономически выгодной технологической схемой производства вскрышных работ на карьере «Юг» Вольногорского горно-металлургического комбината является схема *Iю*, при этом эксплуатационные затраты на вскрышные работы – 122,5 млн. грн/год.

Основным преимуществом варианта *Ію* развития горных работ является то, что большая часть объемов вскрыши выполняется комплексом машин непрерывного действия НКМЗ при максимально возможной высоте уступа 35-40 м.

Основным недостатком варианта *Ію* является то, что при использовании данной схемы происходит значительное опережение фронта горных работ карьера «Юг» относительно карьера «Север» на 200 м, а отметки горизонтов, на которых будут находиться роторные комплексы НКМЗ и ТК-2 будут не совпадать. Кроме того, производительность комплекса НКМЗ - 7,0-7,5 млн. м³/год вряд ли будет возможной.

Эксплуатационные затраты на вскрышные работы варианта технологической схемы производства вскрышных работ *ІІІю* составляет 131,7 млн. грн/год. Однако данный вариант технологической схемы является наиболее реальным, т.к. в варианте принята реальная производительность роторного комплекса НКМЗ.

Список литературы

1. Собко Б.Е. Прогнозная оценка производительности вскрышных комплексов и ее влияние на себестоимость разработки горных пород /Б.Е.Собко, А.М. Маевский // Збірник наукових праць НГУ.- 2010.- № 35.-Т.2- С. 193-198.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Дриженком А.Ю.

Надійшла до редакції 20.06.11

УДК 622.271.33

© В.І. Тимощук, В.В. Тішков, О.О. Шустов, Н.А. Нікіфорова

МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОФІЛЬТРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВІДПРАЦЮВАННІ ОБВОДНЕНОГО РОДОВИЩА ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ

Обоснована расчетная схема и фильтрационные параметры гидродинамической модели месторождения. Проанализирован гидродинамический режим подземных вод при отработке месторождения открытым способом. Приведена оценка геомеханической устойчивости угольной толщи на дне разрезной траншеи.

Обґрунтована розрахункова схема й фільтраційні параметри гідродинамічної моделі родовища. Проаналізований гідродинамічний режим підземних вод при відпрацюванні родовища відкритим способом. Наведена оцінка геомеханічної стійкості вугільної товщі на дні розрізної траншеї.

A calculation chart and lauter parameters of hydrodynamic model of deposit is grounded. The hydrodynamic mode of underwaters at working off the open-cast deposit is analysed. The estimation of geomechanical stability of coal layer on the bottom of cut trench is resulted.

Відомо, що нахилені родовища корисних копалин занурюються у надра до глибини 300 – 400 м і їх розробка відкритим способом супроводжується вийманням значних об'ємів порід розкриву, які суттєво обводнені. Окрема ж група буровугільних родовищ у соляних штоках характеризується напірними підземними